

## Méthodes de maintenance

**TPM**

**Totale Productive  
Maintenance**

# 1. CONTEXTE GENERAL

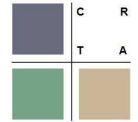


La **TPM** (de l'anglais Total Productive Maintenance) est un ***système global de maintenance industrielle.***

La TPM a pour objectif de rentabiliser au maximum les équipements ; elle est basée sur **la participation de tout le personnel de l'entreprise** et le respect de la créativité de chacun.

Appliquée globalement et dans son véritable état d'esprit, la TPM constitue un projet moteur pour le développement de l'entreprise.

Grâce à une organisation fondée sur le respect et la participation de tous, elle permet **d'améliorer le rendement global des installations.**



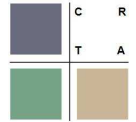
## 2 - DEFINITION & CARACTERISTIQUES

**Définition : la TPM est une démarche qui a pour objectif la fiabilité et le rendement maximal des équipements sur toute leur durée de vie, en y associant tout le personnel de l'entreprise, qui va pouvoir développer ses compétences.**

L'objectif de la TPM est de faire fonctionner les installations le plus efficacement possible ; *en effet, la panne, le ralentissement involontaire, le manque de précision provoquent des défauts, des pertes (mises au rebut) et ne permettent donc pas une production efficace.*

Les principales caractéristiques d'une démarche TPM sont les suivantes :

- Elle a pour objectif l'amélioration du rendement global des installations,
- Elle cherche à établir un système global de maintenance pour toute la durée de vie des installations,
- Elle implique la participation de l'ensemble du personnel depuis les opérateurs jusqu'aux dirigeants,
- Elle implique la participation de tous les services, notamment la conception, l'exploitation et la maintenance,
- Elle utilise comme moyen de motivation, les activités autonomes du personnel, organisé sous forme de groupes de travail.



### 3 - MISE EN APPLICATION DE LA T.P.M

La mise en place d'une démarche TPM concerne l'ensemble du personnel.

Comme dans toute méthode structurée, il est important de définir tout d'abord le plan d'actions de la TPM ; les principales étapes sont généralement :

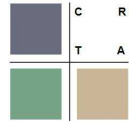
- **Formation du personnel,**
- **Organisation de l'auto-maintenance,**
- **Amélioration de la maintenance préventive.**

En préalable à l'application de la méthode à l'ensemble de l'entreprise, il est important de [mettre en place ce projet sur une installation pilote.](#)

Le projet pilote permet de valider les aptitudes de l'entreprise à mettre en place la démarche TPM dans sa globalité, de valider les objectifs à atteindre, de convaincre l'ensemble du personnel.

Pour ce premier test, une équipe de projet est constituée ; elle comprend des membres du service maintenance et des cadres de l'entreprise.

Un choix judicieux de l'installation pilote doit être effectué : **par exemple une machine constituant un goulot d'étranglement sur une ligne.**



La technicité des opérateurs et des spécialistes de maintenance est une nécessité absolue pour assurer correctement l'auto-maintenance et la maintenance préventive.

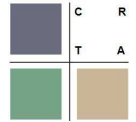
**Il est donc nécessaire de former le personnel de production à la maintenance, ainsi que le personnel de maintenance à la conduite de machines,** afin que tout le monde s'entende sur le vocabulaire technique et sur les modes de fonctionnement des équipements.

La mise en place de l'auto-maintenance permet au personnel de production d'assurer lui-même la maintenance de 1<sup>er</sup> niveau de l'outil qu'il a la charge de piloter.

**Les principes de base de la méthode des 5S** peuvent être utilisée pour organiser les postes de travail afin de les préparer à recevoir l'auto-maintenance.

Une ré-organisation profonde du service maintenance accompagne généralement la démarche TPM.

Sans abandonner totalement la maintenance corrective, qui reste « un mal nécessaire » (elle sera réservée aux matériels peu critiques, au traitement des pannes imprévues...), un accent particulier est mis sur l'amélioration de la maintenance préventive.



### 4 - AMELIORATION DU RENDEMENT DES MACHINES

L'amélioration du rendement des machines est l'objectif principal de la TPM.

Des pertes de rendement interviennent à différents étapes de la production ;

⇒ **l'objet de la démarche TPM est donc d'identifier puis de réduire ces pertes.**

#### ➤ **Les pertes de rendement**

Les causes de pertes de rendement sont multiples ; elles sont généralement classées en six catégories, de la façon suivante (l'ordre de présentation n'a pas de signification sur leurs importances respectives) :

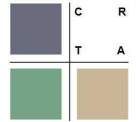
#### - **Pertes de rendement dues aux pannes (pertes de type 1) :**

*Il s'agit des pertes occasionnées par tous les types de pannes, chroniques ou imprévues.*

Les pannes entraînent du gaspillage de temps de production (arrêt de la production) ainsi que des pertes de matières (par mise au rebut des produits non conformes).

L'objectif sera donc de se rapprocher du « **zéro panne** » ; pour cela, deux types d'actions seront mises en place :

- **Organisation performante de la maintenance (auto-maintenance, maintenance préventive ; voir les chapitres suivants).**
- **Amélioration de l'outil de production afin d'éliminer les pannes récurrentes.**



### - Pertes de rendement dues aux réglages (pertes de type 2) :

Des réglages sont effectués à l'occasion du passage de la fabrication d'un lot à un autre (« temps de changement de format ») :

⇒ changement de produit et/ou changement d'outil et/ou modification de la ligne.

Le temps qui s'écoule entre le début de la sortie des produits défectueux et le moment où le produit redevient conforme aux critères définis par le Service Qualité est perdu.

Généralement, les temps de réglages sont assez courts ; ils entraînent néanmoins des pertes.

Ces pertes peuvent être diminuées par une étude d'ergonomie du poste de travail ou par l'amélioration de l'outil de production : les opérations de changement d'outil (S.M.E.D) et les actions de réglage seront moins nombreuses et plus courtes.

### - Pertes de rendement dues aux arrêts mineurs (pertes de type 3) :

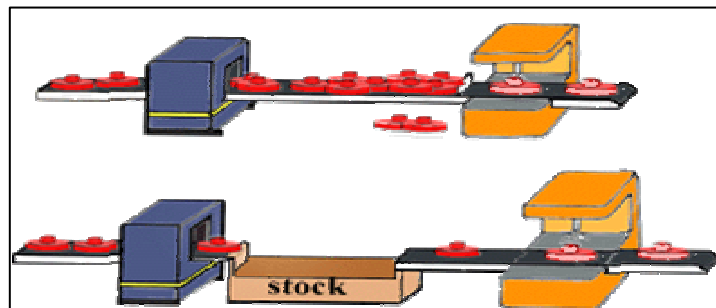
Les arrêts mineurs d'une ligne de production sont causés par des perturbations momentanées telles que la détection d'un trop-plein, d'un bourrage...

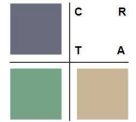
⇒ **La ligne est alors arrêtée ou fonctionne à vide.**

Ces perturbations sont différentes des pannes car bien souvent il suffit de débloquent le produit en cours de fabrication ou d'actionner un simple bouton de relance pour que la production du lot reprenne normalement.

Ces arrêts sont particulièrement gênants dans le cadre d'une production automatisée et leur comptabilisation en temps est souvent difficile ;

Les défauts qui les entraînent (largeur d'un convoyeur, fiabilité d'un détecteur, insuffisance d'un stock tampon...) doivent être identifiés et éliminés par une amélioration de l'outil de production.





- **Pertes de rendement dues aux ralentissements (pertes de type 4) :**

**Ce sont des pertes dues aux diminutions d'allure de la ligne : son allure réelle est maintenue inférieure à son allure théorique maximale.**

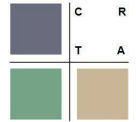
Il arrive assez souvent dans l'organisation de la gestion de production que l'on ne fasse pas fonctionner **une machine à son allure maximale.**

Ce choix permet de mieux garantir les délais : **suite à un arrêt intervenu sur la ligne, un fonctionnement temporaire à l'allure maximale permettra de rattraper le temps perdu.**

D'autre part, à l'allure maximale, il arrive que des problèmes mécaniques surviennent ou bien que la qualité du produit se dégrade ; diminuer l'allure est alors la solution provisoire la plus simple pour compenser le défaut.

**Malheureusement, lorsque cette solution est maintenue dans le temps, elle se paye cher au niveau des pertes de rendement.**

Des études techniques permettront de remédier aux défauts n'apparaissant qu'en fonctionnement rapide et permettront de rapprocher l'allure réelle de l'allure nominale.



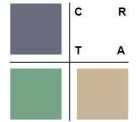
- Pertes de rendement dues aux défauts de qualité (pertes de type 5) :

Les défauts de qualité entraînent des pertes de rendement : en cas de mise au rebut, le temps et les matières utilisées sont perdus ; en cas de réparation, des temps supplémentaires doivent être consacrés pour arriver à rendre le produit conforme.

Si le « zéro défaut » absolu est difficile à atteindre, le pourcentage de produits défectueux doit bien évidemment être aussi réduit que possible.

Les causes d'apparition de défauts sur les produits fabriqués devront être identifiées et analysées ; deux types d'actions pourront alors être mises en place :

- *Modification de la production, dans son organisation ou sur l'outil lui-même,*
- *Amélioration des points de contrôle, afin de détecter les défauts éventuels le plus tôt possible.*



- **Pertes de rendement dues aux démarrages (pertes de type 6) :**

Des pertes de production, inhérentes au procédé de fabrication, peuvent survenir à chaque démarrage en attendant la stabilisation des conditions de fabrication (montée en température, en vitesse...).

Tant que le niveau de qualité requis pour les produits n'est pas atteint, les temps et les matières utilisés sont perdus.

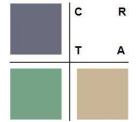
Le traitement de ces pertes s'apparente à celui utilisé pour les pertes dues aux réglages :

⇒ **modification de l'organisation ou de l'outil de production ayant pour objectif de diminuer le temps de démarrage.**

La TPM ou Topo maintenance permet de déterminer la **NON EFFICACITE** des Équipements suivants les six sources suivantes :

- Les pannes ;
- Les changements d'outils, préparation et réglages ;
- Les marches à vides et petits arrêts pour micro-défaillance ;
- Les diminutions d'allure ;
- Les défauts ;
- Les pertes au démarrage.

Il en résulte la **décomposition ABCD** dont le produit est le taux de rendement Global appelé aussi **TAUX DE RENDEMENT SYNTHETIQUE**



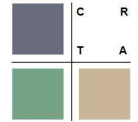
### **La mesure du rendement**

**Le rendement d'un outil de production est mesuré par un pourcentage, appelé « taux de rendement » (TR).**

Les termes « **taux de rendement global** » (TRG) et « **taux de rendement synthétique** » (TRS) seront également trouvés pour désigner ce même taux (parfois à quelques légères variantes près, en fonction des sources d'informations) ; *l'esprit du « taux de rendement » TR, TRG ou TRS reste de toute façon le même.*

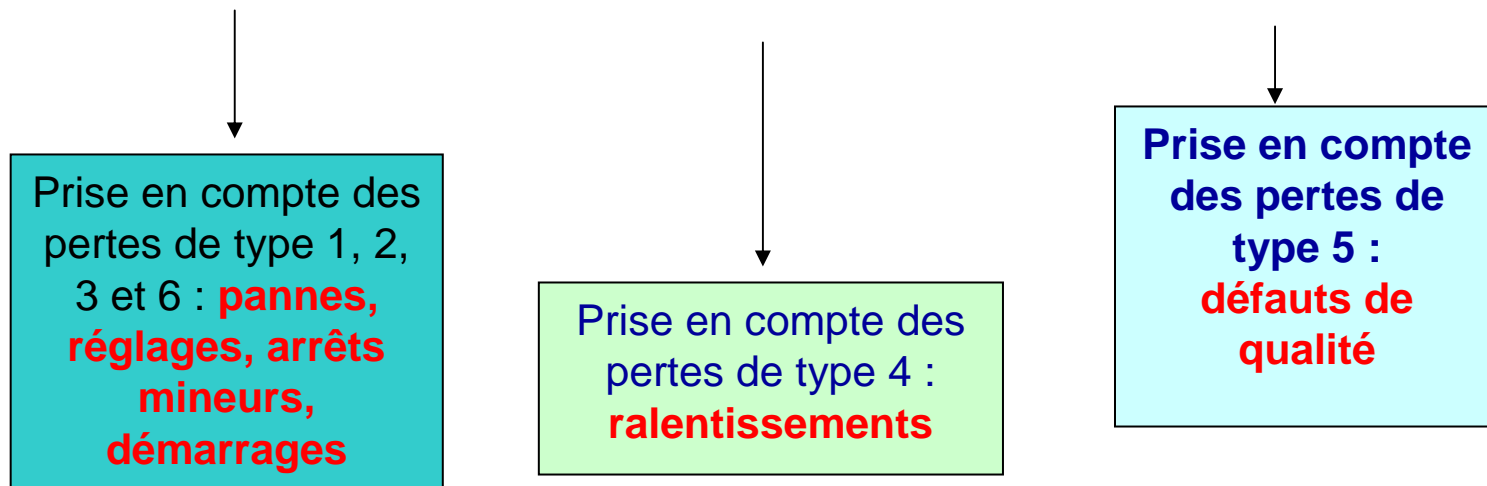
Le principe de la mesure est le suivant : à partir d'un « taux de rendement » de 100%, purement théorique (*les machines fonctionneraient en permanence à vitesse maximale, sans panne, sans réglage et sans aucun produit non conforme !*), les temps des différentes pertes de rendement (classées au paragraphe précédent en 6 catégories) sont mesurés et retranchés à 100% pour obtenir le « taux de rendement » réel de l'installation.

## Taux de Rendement Synthétique



Il s'agit donc d'abord de mesurer les temps des différentes catégories de pertes ;  
le **taux de rendement (TR)** est ensuite obtenu par le produit de trois facteurs :

$$\text{TR} = \text{taux de marche calendaire} \times \text{taux d'allure} \times \text{taux de produits conformes}$$



## Taux de marche calendaire :

Le taux de marche calendaire est le pourcentage de temps où la ligne est effectivement en fonctionnement, comparé à son temps total d'ouverture.

*Le taux de marche calendaire tient compte des temps d'arrêts dus aux pannes, aux réglages, aux arrêts mineurs et aux démarrages.*

Si d'autres causes d'arrêt existent, c'est ici qu'elles seront prises en compte.

Le taux de marche calendaire est calculé de la façon suivante :

1 - **Calcul du « temps de charge »** (ou « temps d'ouverture ») : il s'agit du temps de fonctionnement quotidien, normalement prévu pour l'installation (la base du calcul pourra également être hebdomadaire ou mensuelle, choisie en fonction de la précision de mesure des temps) :

**temps de charge = temps total ouvrable – temps des arrêts programmés**

Exemple : 7 h  
par jour

Exemple : arrêts pour  
maintenance planifiée, arrêts  
pour pauses réglementaires...

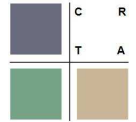
2 – **Calcul du « temps de marche »** : il s'agit du temps pendant lequel l'installation a réellement fonctionné (et à l'allure normalement prévue) :

$$\text{temps de marche} = \text{temps de charge} - \text{temps d'arrêts}$$

temps d'arrêts dus aux pannes, aux réglages, aux arrêts mineurs et aux démarrages.

3 - Temps de marche calendaire : c'est le rapport entre le temps de marche et le temps de charge :

$$\text{Taux de marche calendaire} = \text{temps de marche} / \text{temps de charge}$$



### Taux d'allure :

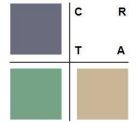
Le taux d'allure est le rapport entre la vitesse réelle de fonctionnement choisie pour la ligne et la vitesse maximale :

$$\text{taux d'allure} = \text{allure réelle} / \text{allure nominale}$$

Pour simplifier la présentation, il est considéré que l'allure réelle, choisie par la production, est toujours la même pendant la période de calcul (jour, semaine ou mois) ;

Si plusieurs allures sont utilisées pendant cette période, elle sera divisée en sous-périodes ; les sous-périodes seront choisies de façon à ce qu'une seule allure soit utilisée pendant la sous-période ; le calcul présenté ici sera alors effectué pour chaque sous-période, puis ramené à la période complète par un barycentre (exemple pour une période divisée en deux sous-périodes A et B, de durées « temps A » et « temps B ») :

$$\text{TR global} = \frac{((\text{TR sous-période A} \times \text{temps A}) + (\text{TR sous-période B} \times \text{temps B}))}{\text{temps A} + \text{temps B}}$$



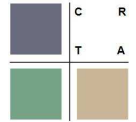
### Taux de produits conformes :

Le taux de produits conformes est le rapport entre le nombre de produits conformes réellement obtenus et le nombre théorique de produits qui auraient du sortir conformes, compte tenu des matières premières utilisées :

$$\text{Taux de produits conformes} = \text{Nb de produits conformes} / \text{Nb de produits théorique}$$

En fonction du type de fabrication, une quantité non-négligeable de produits réparables pourra être fabriquée ;

Dans ce cas, pour un calcul exact du « taux de rendement » de la ligne, la période du calcul (jour, semaine ou mois) devra être choisie pour que la réparation des produits concernés soit également effectuée pendant la période de calcul.



Nous avons donc déterminé le **TAUX de RENDEMENT** :

=

**Taux de marche calendaire x Taux d'allure X Taux de produits conformes**

### Ordres de grandeur

Le taux de rendement dépend du type de fabrication et du procédé ; il n'y a donc pas de taux de rendement standard applicable à toutes les installations.

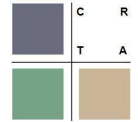
Néanmoins, les ordres de grandeur suivants doivent être au moins obtenus :

- **Taux de rendement TR de 85 % (composé des trois taux ci-dessous),**
- **Taux de marche calendaire de 85 %,**
- **Taux d'allure de 75 %,**
- **Taux de produits conformes de 95 %.**

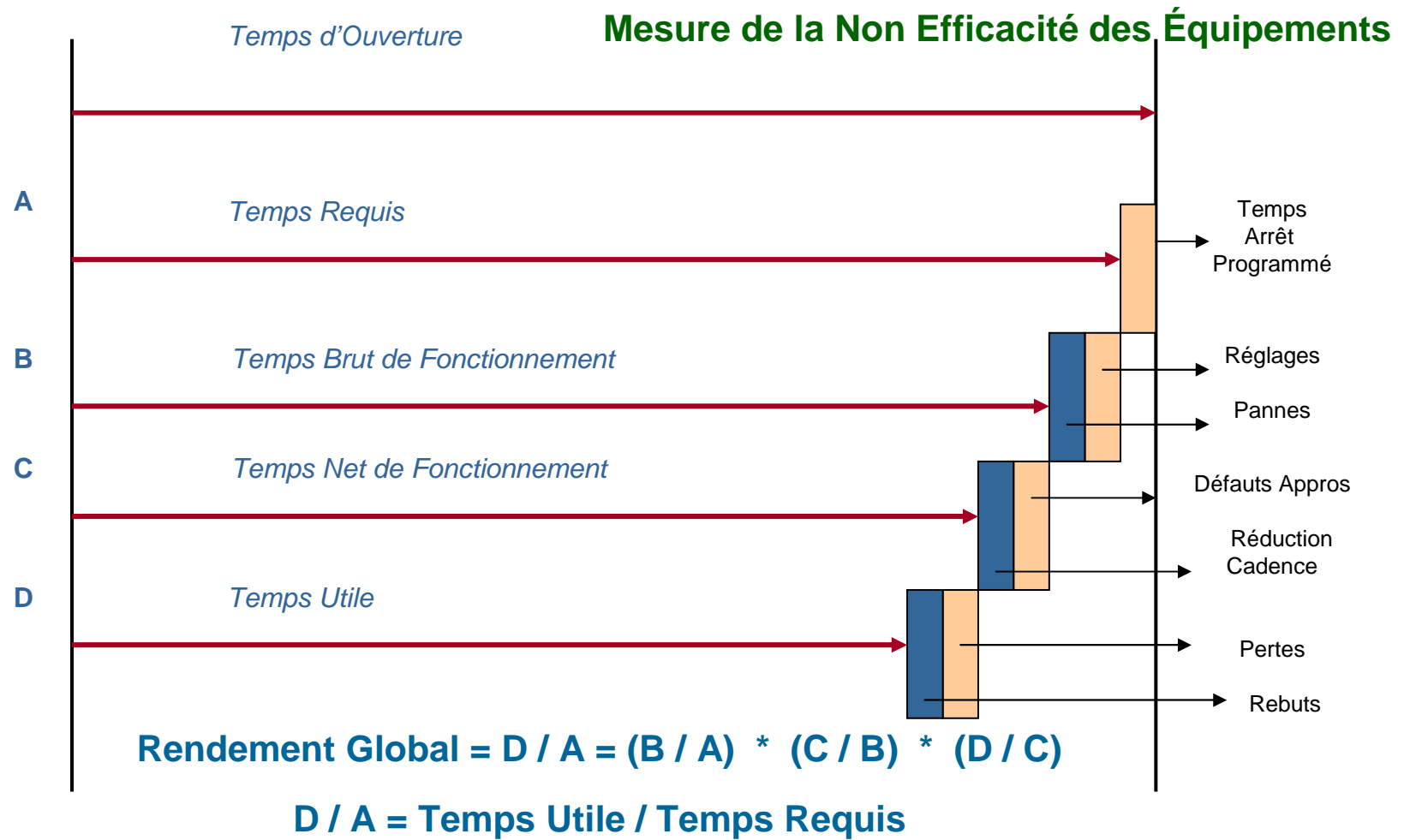
Si une de ces valeurs n'est pas atteinte, une source de gains considérables est disponible et une démarche de type TPM est particulièrement indiquée.

Les principes de base pour le calcul du TR sont présentés ci-dessus ; des éléments supplémentaires rentrent dans le calcul théorique exact du TR ; assez complexes et d'une influence finalement assez faible sur le résultat, ces éléments ont été volontairement omis ou simplifiés.

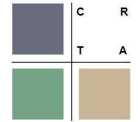
*Seuls les principaux composants, influents dans le calcul du TR, ont été conservés ; cette approche vous permettra d'effectuer une mesure fiable et rapide du TR de vos installations.*



Exemple de calcul du TRS :



## Taux de Rendement Synthétique



**Taux de Marche Calendaire =  $B / A = (\text{Tps Requis} - \text{Tps d'arrêts}) / \text{Tps Requis}$**

Ou **Taux Brut de Fonctionnement =  $(\text{Tps alloués} - \text{Tps Arrêts}) / \text{Tps Alloués}$**

**Ordre de grandeur :  $0.9 < B / A < 0.98$**

**Taux de Marche Performante =  $C / B = (\text{Tps cycle théorique} * \text{production}) / \text{Tps Brut Fonctnt}$**

**Taux de Performance =  $(\text{Tps cycle théorique} * \text{Prod}^\circ\text{H oraire}) / (\text{Tps Alloués} - \text{Tps arrêts})$**

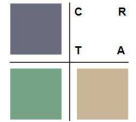
**Ordre de grandeur :  $0.4 < C / B < 0.85$**

**Taux de Produits Valables =  $D / C = (\text{Pdts valables}) / (\text{Pdts Valables} + \text{Pdts Défectueux})$**

**Taux de Qualité =  $(\text{Nbre pièces traitées} - \text{Nbre pièces défectueuse}) / (\text{Nbre de pièces Traitées})$**

**Ordre de grandeur :  $0.95 < C / B < 0.99$**

## Taux de Rendement Synthétique

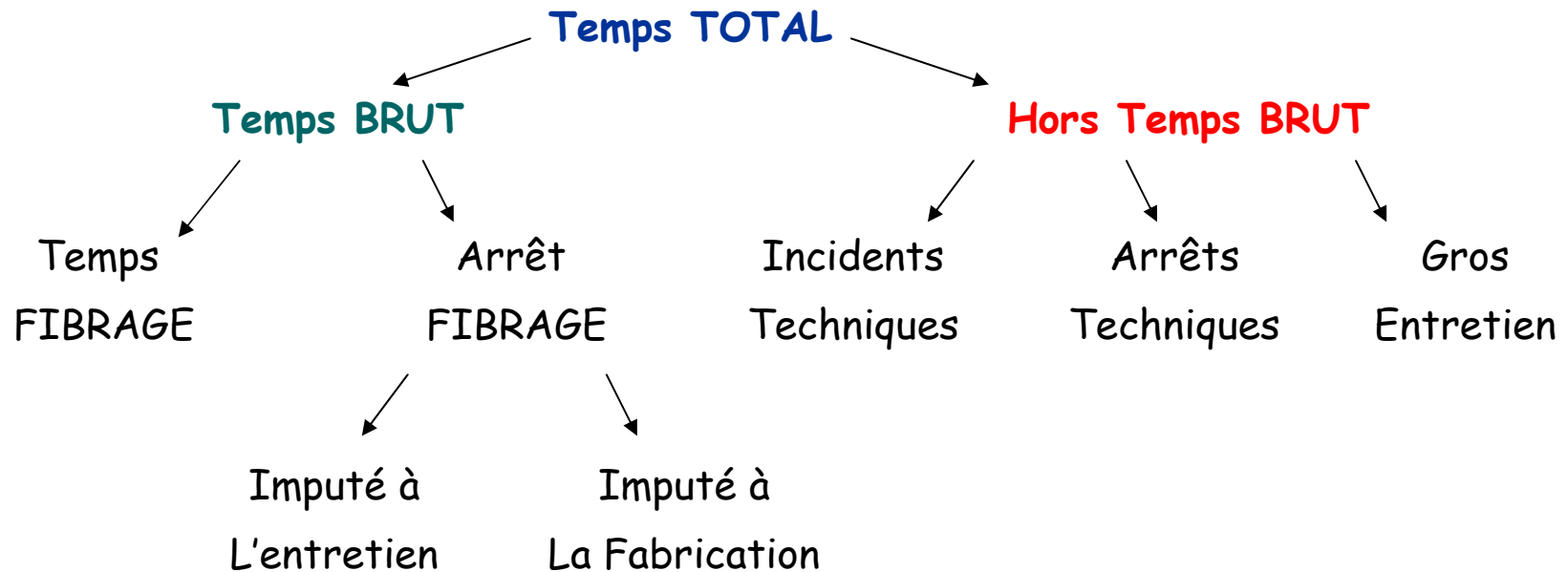


Exemple de mise en place du TRS : Dans un contexte d'industrie de Process

<b>Temps Total d'ouverture de la machine A ou Temps Alloué</b>			
<b>Temps Brut de Fonctionnement B</b>		Arrêts identifiés, réglages, pannes	
<b>Temps Net de Fonctionnement C</b>		Micro défaillances Pertes de Cadences	Arrêts identifiés, réglages, pannes
<b>Temps Utile D</b>	Défauts Qualité, Rebuts	Micro défaillances Pertes de Cadences	Arrêts identifiés, réglages, pannes

$$TRS = (B / A) * (C / B) * (D / C)$$

Exemple de mise en place du TRS : Dans un contexte d'industrie de Process

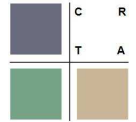


⇒ MISE EN PLACE D'INDICATEURS :

**Taux de Marche =** Temps Brut / Temps Total

**Rendement =** (Tps Brut - Arrêt Fibrage) / Tps Brut

**Taux Fibrage =** (Tps Brut - Arrêt Fibrage) / Tps Total



**Conclusion** : Mesurer la *NON EFFICACITE* des équipements de production

En utilisant le TRS permet également de diminuer le nombre de *GOULOTS*

D'étranglements sur les lignes de production.

Si vous comprenez qu'augmenter de 10% le TRS sur un goulot d'étranglement

C'est que vous avez augmenté la capacité de votre équipement de 10 % vous

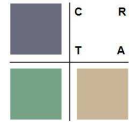
Pouvez être plus précis sur les investissements financiers à faire pour vos

Équipements de production.

La problématique réside dans le fait de savoir et comprendre comment traiter les

Problèmes liés aux goulots d'étranglements.

Les règles suivantes vous permettront d'avoir une idée sur la manière de la faire.



### REGLES DE SYNCHRONISATION PAR LES GOULOTS D'ETRANGLEMENTS

1 - **Équilibrer les flux, pas les capacités.**

2 - Le niveau d'utilisation d'un non goulot d'étranglement n'est pas déterminé par son propre potentiel, mais par d'autres contraintes du système.

3 - L'utilisation et le plein emploi d'une ressource ne sont pas synonymes.

4 - Une heure perdue sur un goulot d'étranglement est une heure perdue pour le système tout entier.

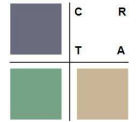
5 - Une heure gagnée sur un non-goulot est un leurre.

6 - Les goulots gouvernent à la fois les sorties et les en-cours.

7 - La taille des lots de transferts ne doit pas forcément être égale à la taille des lots de fabrication.

8 - La taille des lots doit être variable et non fixe.

9 - Les plannings doivent être établis en tenant compte de toutes les contraintes simultanément. Les temps de cycle sont le résultat d'un planning et ne peuvent en aucun cas être prédéterminés.

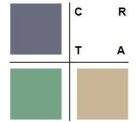


### AMELIORATION DE L'EFFICACITE DES EQUIPEMENTS

L'amélioration de l'efficacité des ressources existantes est obtenue par Une recherche constante de gains de productivité ou de rentabilité. Évolution parfois naturelles, celle-ci a besoin d'être appuyée par des Actions, tant au niveau des équipements que des ressources humaines.

*Ces actions peuvent revêtir plusieurs formes :*

- *Maintenance préventive ou prédictive ;*
- *Analyse des points faibles des machines (AMDEC), de leur performance, Et mise sous contrôle (SPC)*
- *Amélioration directe des équipements, issue d'apports de nouvelles Technologies (automatisation ,supervision), de méthodes d'améliorations Techniques (SMED) ou des principes de l'Assurance Qualité (Poka Yoke)*



### AMELIORATION DE L'EFFICACITE DES EQUIPEMENTS

Ces actions peuvent revêtir plusieurs formes :

- Augmentation de la polyvalence des opérateurs ;
- Formation de l'opérateur à de nouvelles méthodes pour réaliser son travail, Quelle que soit sa fonction à laquelle il appartient (production, conception, Transport)
- Mise en synergie des acteurs de ces fonctions (cercles d'excellence, de Qualité ou autres).

Toutes ces actions ont un **COÛT** mais leurs résultats apportent des gains **Significatifs** presque toujours mesurables à court terme ou long terme au **Niveau de la productivité**, quel que soit le contenu exact de cet indicateur.



# La formation du personnel

La formation du personnel est une étape incontournable pour une mise en place efficace de la TPM.

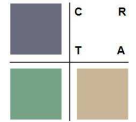
Principalement trois catégories de personnel devront recevoir une formation :

- Le personnel de maintenance ,
- Le personnel de production,
- L'encadrement de l'entreprise.

### Formation du personnel de maintenance :

Le personnel de maintenance recevra une formation lui permettant de :

- *comprendre la production et ses contraintes,*
- *organiser son partenariat avec la production,*
- *mettre en place la maintenance préventive.*



### Formation du personnel de production :

La formation reçue par le personnel de production lui permettra de :

- *Comprendre la maintenance et ses contraintes,*
- *Organiser son partenariat avec la maintenance,*
- *Mettre en place l'auto-maintenance.*

L'auto-maintenance consiste à faire effectuer par le personnel de production lui-même les tâches de maintenance simples de l'outil de production qu'il pilote.

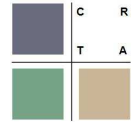
L'entretien périodique journalier ou hebdomadaire (graissages par exemple) ainsi que les dépannages simples pourront être assurés par le personnel de production à condition qu'il ait reçu la formation appropriée :

- **technologique : électrotechnique, mécanique, automatisme, hydraulique, pneumatique... et autres technologies employées sur l'outil de production,**
- **méthodologique : diagnostic de panne.**

### Formation de l'encadrement de l'entreprise :

La formation permettra à l'encadrement de comprendre la démarche TPM afin d'y adhérer et d'en faire un véritable projet d'entreprise ; chaque service prendra conscience de ses interactions avec la production et la maintenance.

Les résultats de la démarche (mesure du rendement des machines) seront présentés sur un tableau de bord, conçu et utilisé par l'ensemble des services.



## SYNTHESE SUR LA TPM

La démarche TPM peut s'appliquer dans les entreprises de production de toutes tailles et de tous secteurs d'activités, à partir du moment où elles possèdent un outil de fabrication nécessitant des actions de maintenance.

La démarche TPM a pour objectif la rentabilité maximale des équipements ; elle cherchera donc à diminuer les pertes de rendement de l'outil de production.

Les causes de pertes et la conduite à tenir pour les réduire sont :

Causes de pertes	Conduite à tenir
pannes	Amélioration de l'outil de production pour supprimer les causes de pannes. Organisation de la maintenance préventive.
réglages	Modification de l'outil de production pour rechercher des temps de réglages aussi courts que possible.
arrêts mineurs	Modification de l'outil de production pour rechercher à supprimer les arrêts mineurs.
ralentissements	Faire fonctionner la ligne à une allure aussi proche que possible de son allure maximale.
défauts qualité	Tendre vers le « zéro défaut » : amélioration de l'outil de production, de l'organisation, des points de contrôles.
démarrages	Modification de l'outil de production et de l'organisation pour obtenir des temps de démarrages aussi courts que possible.